

**Der Einfluß von Geburtsgewicht, Lebensalter,
pH- und Hämatokrit-Wert des arteriellen Blutes auf das
Verhältnis des transcutanen zum arteriellen
O₂-Partialdruck bei kranken Neugeborenen**

Edith Nodjourni

—
1977
—

Aus der Kinderklinik der Universität München

Direktor: Professor Dr. med. K. Betke

Der Einfluß von Geburtsgewicht, Lebensalter, pH- und Hämatokrit-Wert des arteriellen Blutes auf das Verhältnis des transcutanen zum arteriellen O_2 -Partialdruck bei kranken Neugeborenen.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde
an der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Edith Nodjoumi

aus

München

1977

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der Universität
München

Referent: Priv.Do. Dr. H. Versmold

Koreferent: Prof. Dr. K. Betke

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 26.7.1977



INHALT

1. Einleitung	1
2. Methoden	2
3. Untersuchte Kinder	4
4. Ergebnisse	8
5. Diskussion	19
a) Methodenkritik	19
b) Diskussion der Ergebnisse	20
6. Zusammenfassung	23
7. Literatur	24



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41555625_0084

1. Einleitung:

Die Kontrolle des arteriellen Sauerstoffdrucks (paO_2) ist während jeglicher Sauerstofftherapie obligatorisch. Sie erfordert ein invasives Vorgehen, wie Katheterisieren der Nabelarterie oder Punktion einer peripheren Arterie, denn der kutane ("kapilläre") pO_2 der erwärmten Haut ist bei Neugeborenen kein sicherer Parameter, um die Gefahr einer Hyperoxämie auszuschließen. Er ist niedriger als der paO_2 ; die Diskrepanz nimmt mit steigender Hyperoxämie zu (5, 18).

Baumberger und Goodfriend haben gezeigt (1), daß Sauerstoff durch intakte Haut diffundiert. Diese Beobachtung wurde von Rooth et al. 1957 bestätigt (25) und zur Messung des pO_2 Neugeborener angewandt. Evans und Naylor verwandten 1967 eine der Haut aufgesetzte O_2 -Elektrode vom Clark-Typ, um transcutan den pO_2 zu messen. Sie fanden, daß der pO_2 der nicht erwärmten Haut nahe Null war (8). Ein Verfahren zur kontinuierlichen transcutanen Überwachung des pO_2 mit einer geheizten Clark- O_2 -Elektrode wurde kürzlich von HUCH und Mitarbeitern entwickelt (13, 15, 16). Fortschritte der Verstärkertechnik haben es möglich gemacht, Ströme der Größenordnung von 0.1 μA bis 1 μA zuverlässig zu messen. Diese Leistung erbringt eine Sauerstoff-Elektrode mit einer Platinkathode von 15 μm Durchmesser, welche nur einen minimalen O_2 -Eigenverbrauch hat.

Huch et al. in Marburg brachten einen sehr dünnen Wasserfilm zwischen Haut und Elektrode und setzten die geheizte O_2 -Elektrode direkt darauf.

Bei gesunden Erwachsenen (15) und Neugeborenen (14) ergaben sich transcutane pO_2 -Werte ($tcpO_2$), die den paO_2 -Werten sehr nahe kamen. Die Anwendungsmöglichkeiten dieses Verfahrens in der Intensivpflege von Neugeborenen ist im einzelnen diskutiert worden (17, 23).

Es liegen bisher nur einzelne Beobachtungen an kranken Neugeborenen vor (7, 9, 17, 18, 26, 27), vor allem keine im hyperoxämischen paO_2 -Bereich. Deshalb studierten wir Termingeborene und Frühgeborene, die an cardiorespiratorischen Störungen litten, unter besonderer Berücksichtigung der klinischen Zuverlässigkeit der $tcpO_2$ -Aufzeichnung im hyperoxämischen Bereich.

2. Methoden:

Die von HUCH et al. entwickelte Einrichtung für die $tcpO_2$ -Messung wurde in einem Labor-Prototyp verwandt und entsprechend den Angaben in (4) betrieben.

Die polarographische transcutane Messung des Blut- pO_2 wird ermöglicht durch eine "Arterialisierung" der peripheren Kapillarregion,

so daß Sauerstoff mit einem dem p_{aO_2} angenäherten Druck aus der oberflächlichen Kapillarschicht durch die Haut und so zur Elektrode diffundiert.

Die erforderliche lokale Hyperämie wird durch Hyperthermie induziert (15), und zwar durch Erwärmung einer modifizierten Clark Elektrode (4). Der Heizdraht ist in die hohle, ringförmige Silberanode eingefügt, welche drei 15 μ m starke Platinkathoden umgibt. Die Wärmeenergie, die benötigt wird, um die Hauttemperatur konstant zu halten, wird gleichzeitig registriert. Dies dient als relatives Maß lokaler Perfusion (Gibbs, 1933). Eine Temperatur von 44° C der Hautoberfläche bei Neugeborenen wird kontrolliert von einem Thermostaten, der nahe der Elektrodenoberfläche in die Silberanode eingepaßt ist. Diese Temperatur erzeugt innerhalb von 10 Minuten einen Anstieg der lokalen Perfusion. Danach reflektieren transcutan registrierte pO_2 -Änderungen arterielle Veränderungen.

Die Elektrode wird über einen selbstklebenden Ring an die Haut befestigt, so daß Sauerstoff der umgebenden Luft nicht in die Kathoden eindringen kann. Bei Aufzeichnung bei den neugeborenen Kindern wurde die Elektrode in die Nähe einer der Brustwarzen angebracht, um sicher zu sein, den pO_2 oberhalb des Ductus arteriosus zu messen.

Bei den gegenwärtigen Untersuchungen wurde die Elektrode mit einer 12 μ m Teflon-Membran und bei einer Temperatur von 44° C

eingesetzt. Vor und nach jedem Test wurde die Elektrode in vitro mit zwei Gasen von bekanntem pO_2 geeicht, mit reinem Stickstoff und Luft, bei Testtemperatur ($44^\circ C$).

Die Anbringung galt als korrekt, wenn die 3 Kanäle des Geräts gleiche pO_2 -Aufzeichnungen lieferten und der Verbrauch der Heizenergie ("relative lokale Perfusion") konstant war. Es wurde abgewartet, bis die Hauthyperämie stabilisiert war (10 bis 15 Min.), d.h., bis zur Konstanz von $tcpO_2$ und Heizleistung, bevor vergleichende Messungen des paO_2 und des $tcpO_2$ durchgeführt wurden. Gewöhnlich wurde die Elektrode am Kind zwei bis fünf Stunden belassen, bei fünf Kindern blieb sie 12 bis 24 Stunden liegen.

3. Untersuchte Kinder:

137 parallele Bestimmungen des paO_2 und $tcpO_2$ wurden an 36 neugeborenen Kindern gemacht, die in die Neugeborenen-Intensiv-Station der Universitäts-Kinderklinik München eingewiesen wurden. Klinische Daten werden auf Tabelle I gezeigt. Schwangerschaftsdauer betrug 26 - 41 Wochen, Geburtsgewicht 750 - 4000 g. Bei drei Säuglingen (in 10 Untersuchungen) betrug die rectale Temperatur unter $36,5^\circ C$ (sonst $36,5 - 37,3^\circ C$ während der Untersuchung). Blutdruck, gemessen mit der Doppler Methode, war normal entsprechend dem Gestationsalter, ausgenommen bei einem Kind. In 26 Fällen wurden erste Bestimmungen innerhalb der ersten 48 Lebensstunden

Tabelle I:

Klinische Daten der untersuchten Kinder

Nr.	Name	Geschl. f./m.	Schwang.- dauer (Wochen)	Geb.- gewicht	Diagnose	Ausgang
1	Ama	m	34	2350 g	Rh-Inkomp. Aust.Transf.	lebt
2	And II	m	27	750 g	IRDS, Asphyxie	gestorben
3	Blu	m	35	2930 g	IRDS, IDM	lebt
4	Cal I	m	40	2980 g	Asphyxie	lebt
5	Cal II	f	40	2500 g	Asphyxie	lebt
6	Dra	f	35	1910 g	IRDS	lebt
7	Fen	m	30	1700 g	IRDS, Sepsis	lebt
8	Fis	m	26	1030 g	IRDS, Sepsis	gestorben
9	Fi.	m	40	3500 g	Asphyxie, Nabelschn.-V.	gestorben
10	Gra	f	36	2600 g	Rh-Inkomp.	lebt
11	Gro	f	30	1400 g	IRDS, Sepsis	lebt
12	Gru	m	37	2400 g	IRDS	lebt
13	Hän	m	38	3430 g	IDM, Asphyxie, ICH (?)	lebt
14	Jäg	f	33	1760 g	Rh-Inkomp. Aust.Transf.	lebt
15	Kaf	f	27	940 g	IRDS	lebt
16	Kir	f	35	2150 g	Ikterus neonat.	lebt
17	Kön	m	32	1670 g	Frühgeburt	lebt
18	Kop	m	38	3170 g	Rh-Hydrons	lebt
19	Lec	f	28	1030 g	IRDS	lebt
20	Mar	m	36	2440 g	IDM	lebt
21	Neu	f	35	2080 g	Asphyxie	lebt
22	Ort	f	40	3920 g	Pneumonie	lebt
23	Pol	m	30	1760 g	Frühgeburt	lebt
24	Pos II	m	34	1350 g	IRDS	lebt
25	Pre	m	40	3900 g	Hypopl.Li.Herz-S.	gestorben
26	Rab	m	35	2220 g	Frühgeburt	lebt
27	Rau	m	40	2730 g	Asphyx.Thoraxdysplasie	gestorben
28	Sch	m	38	3900 g	Asphyxie	lebt
29	Ste	m	32	1680 g	Ileus, Perforation	lebt
30	Tit	f	36	1970 g	Diaphrag. Hernie	gestorben
31	Tsa	f	33	1870 g	d-TGA	lebt
32	Tun	m	33	1400 g	ICH	gestorben
33	Üja	f	41	4000 g	Asphyxie, Fruchtw.-Emb.	gestorben
34	Weg	m	32	2280 g	IRDS, Sepsis	gestorben
35	Wei	m	40	3750 g	Diaphrag.Hernie, Ileus	gestorben
36	Duk	m	25	1020 g	d-TGA, IRDS	gestorben

Abkürzungen: IRDS : Idiopathisches Atemnotsyndrom

IDM : Kind diabetischer Mutter

ICH : Intracranielle Blutung

d-TGA: Transposition der großen Arterien

durchgeführt, andere fünf wurden innerhalb der ersten Woche untersucht. Während der tcpO_2 -Registrierung wurden zwei oder drei arterielle Proben über einen eingeführten Nabel-Arterien-Katheter entnommen, oder durch Punktion einer Radialarterie (vorzugsweise der rechten).

Eine Messung wurde durchgeführt, wenn der tcpO_2 des Kindes niedrig war, wenn möglich im Normalbereich, eine zweite, als das Kind reinen Sauerstoff einatmete, d.h., im Verlauf eines Hyperoxie-Tests, um einen Rechts-Links-Shunt festzustellen.

Bei einem Frühgeborenen (Fis, ml.) wurden an insgesamt 7 Tagen 20 parallele tcpO_2 - und paO_2 -Bestimmungen durchgeführt, und zwar während es schwer an idiopathischem Atemnotsyndrom (IRDS) bzw. Sepsis erkrankt war, sowie während einer Periode relativ guten klinischen Zustands.

Fallbeschreibung Fis, männl.:

Frühgeborenes, 26. Schwangerschaftswoche, Geburtsgewicht 1.030 g. Es bestand eine schwere postnatale Asphyxie (Apgar-Index nach 1 Min.: 2; 2 Min.: 2; 10 Min.: 2; 50 Min.: 4). Erste Spontanatmung nach 40 Minuten. Maschinelle Beatmung wegen schwerstem idiopathischem Atemnotsyndrom. Am 1. Tag bestand eine extreme Anämie (Hkt. 32 %), weshalb Erythrozytenkonzentrat transfundiert wurde.

Der Allgemeinzustand zeigte eine deutliche Besserung in der 2. - 5. Woche, mit Gewichtszunahme auf 1.900 g. In der 6. Woche nach akuter Verschlechterung fand sich in der Blutkultur und an der Spitze des Jugularis-Katheters, sowie im Trachealsekret *Serratia narcescens*, Keime der *Candida*-Gruppe. Trotz antibiotischer Therapie konnte die Sepsis nicht beherrscht werden, sie war begleitet von einer schweren Hämolyse, die im Verlauf der letzten Lebenswoche mehrere Bluttransfusionen erforderlich machte. Im Alter von 44 Tagen verstarb das Kind, nachdem es 48 Stunden in einem irreversiblen Schockzustand war.

Der blutige paO_2 wurde sofort in einem AVL Gas Scheck, Type 9376, gemessen, oder in einem Blutgas-Analysator MT (Eschweiler, Kiel). Die Übereinstimmung dieser beiden O_2 -Analyser wurde wiederholt überprüft. Die Zeit zwischen Probeentnahme und Messung wurde notiert und paO_2 -Werte über 150 Torr wurden auf den O_2 -Verbrauch der Blutprobe korrigiert (12). Zugrundegelegt wurde ein pO_2 -Abfall von 1,7 Torr/Min. (Onken, Versmold und Riegel 1975, unveröffentlicht).

4. Ergebnisse:

Die Vorbereitung der Elektrode einschl. Aufziehen der Membran, Polarisation, Eichung, Stabilisierung der Überwärmung der Haut, nahm 30 bis 45 Minuten in Anspruch. Ist jedoch eine sofortige Information erwünscht, können nach vorläufiger Eichung, bereits innerhalb von zehn Minuten, pO_2 -Änderungen abgelesen werden.

Die 95 % Reaktionszeit in vitro (Elektrode mit 12 μm Teflon bezogen) war annähernd 8 - 10 Sekunden. Arterielle pO_2 -Änderungen wurden transcutan mit einer Verzögerung von 10 - 20 Sekunden registriert.

Nach Entfernung der geheizten Elektrode dauerte die lokale Hyperämie maximal 24 Stunden an. Blasen zeigten sich bei zwei Kindern (6%), und zwar an dem unreifsten Kind und bei starker Hypothermie. Das Auftreten dieser Verbrennungen 2. Grades war offenbar unabhängig von der Dauer der Messung.

Der Vergleich von $137\text{ }paO_2$ - $tcpO_2$ Paaren wird in Abb. 1 gezeigt. Für den ganzen Bereich der gemessenen paO_2 -Werte (22,1 - 349 Torr) kann eine hoch signifikante Korrelation errechnet werden ($tcpO_2 = 1.12\text{ }paO_2 - 1.54$; $r = 0.90$; $p < 0.001$). Diese Zahlen enthalten eine beträchtliche Streuung. Bei paO_2 -Werten unter 80 Torr ist der SD-Bereich ± 26.9 Torr ($tcpO_2 = 1.18\text{ }paO_2 - 2.24$; $n = 60$; $r = 0.52$; $p = < 0.001$). Bei paO_2 -Werten über 80 Torr ist der SD-Bereich ± 62.3 ($tcpO_2 = 1.16\text{ }paO_2 - 12.9$; $n = 77$; $r = 0.83$; $p = < 0.001$).

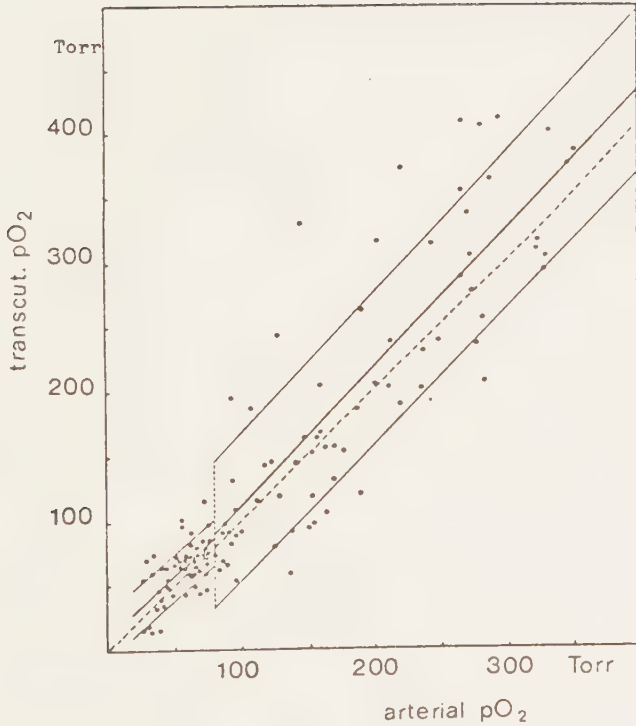


Abb. 1: Vergleich des transcutanen PO_2 und arteriellen PO_2 von 36 kranken Neugeborenen ($n = 137$), mit 45° Identitätslinie (gestrichelt) und Regressionslinie. PaO_2 -Werte über 150 Torr wurden um den O_2 -Verbrauch der Blutprobe korrigiert.

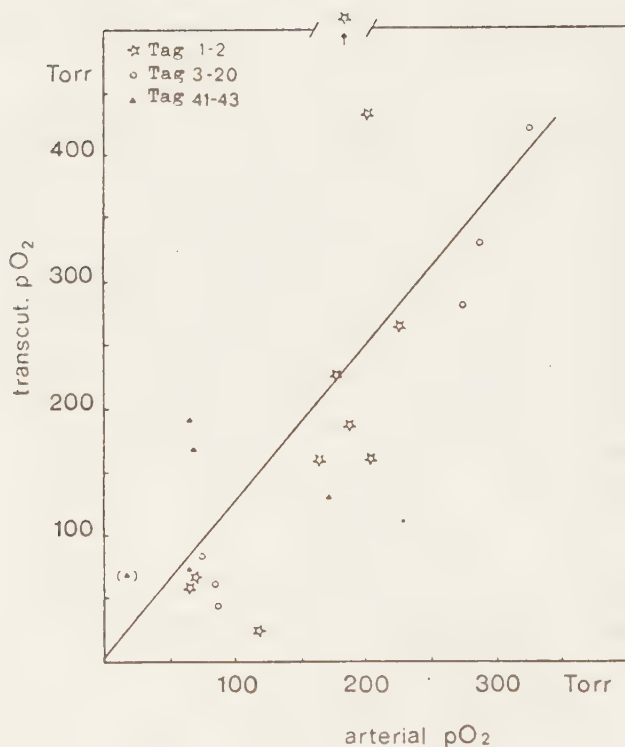


Abb. 2: Vergleich des transcutanen PO₂ und arteriellen PO₂ eines Kindes in verschiedenem Alter und unterschiedlich klinischem Zustand, mit individueller Regressionsgerade ($tcpO_2 = 1,09 paO_2 + 18,9$; $n = 19$; $r = 0,81$; $p < 0,001$). Fis. ♂, Gestationsalter 26 Wochen, Geburtsgewicht 1030 g. Tag 1-2: Atemnotsyndrom; Tag 3-20: stabiler klin. Zustand; Tag 41-43: Sepsis; Tod am 44. Lebenstag.

Die größten Abweichungen des $tcnO_2$ vom paO_2 treten meist bei den schwerst erkrankten Kindern auf, wie in Abb. 2 dargestellt. Die Werte eines Kindes ($n = 19$) von 26 Wochen Schwangerschaftsdauer und einem Geburtsgewicht von 1030 g zeigen größte Abweichungen in den ersten zwei Lebenstagen, als das Kind hypothermisch war und an IRDS litt, und wiederum kurz vor dem Tode (44 Tage nach Sensus). In einer Periode stabiler klinischer Bedingungen vom 3. bis 20. Lebenstag ist der $tcnO_2$ nahezu gleich dem paO_2 .

Die Abweichung des transcutanen pO_2 vom arteriellen pO_2 , ausgedrückt als Quotient $tcnO_2/paO_2$ wurde analysiert hinsichtlich des Einflusses von pathologischen Hämatokrit-Werten, pH-Werten, niedriger Geburtsgewichte und nach dem Schweregrad der Erkrankung.

Bei erniedrigten Hämatokrit-Werten (Abb. 3), bei niedrigen pH-Werten (Abb. 4 und 5), bei niedrigem Geburtsgewicht (Abb. 6) sowie bei tödlichem Ausgang der Erkrankung (Abb. 7) fand sich eine Tendenz zu relativ niedrigen transcutanen pO_2 -Werten, d.h. zu einem niedrigen $tcnO_2/paO_2$ -Quotienten.

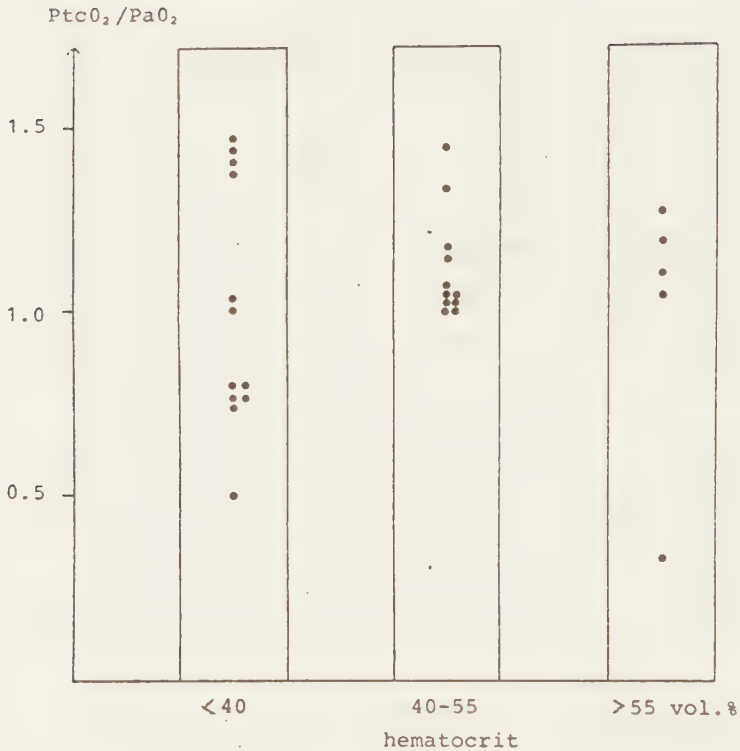


Abb. 3: Verhältnis des transcutanen PO_2 ($PtcO_2$) zum arteriellen PO_2 (PaO_2) bei Neugeborenen mit pathologisch niedrigem, normalem und erhöhtem Hämatokrit. Es besteht eine Tendenz zu relativ niedrigen $PtcO_2$ -Werten bei erniedrigtem Hämatokrit.



Abb. 4: Verhältnis des transcutanen P_{O_2} ($P_{tc}O_2$) zum arteriellen P_{O_2} ($P_{a}O_2$) bei Neugeborenen in Abhängigkeit vom arteriellen Plasma-pH; Messungen beim gleichen Kind verbunden.



Abb. 5: Verhältnis des transcutanen PO_2 ($PtcO_2$) zum arteriellen PO_2 (PaO_2) bei Neugeborenen mit pathologisch niedrigem, normalem und hohem arteriellen Plasma-pH. Es besteht eine Tendenz zu relativ niedrigen $PtcO_2$ -Werten bei niedrigen pH-Werten.

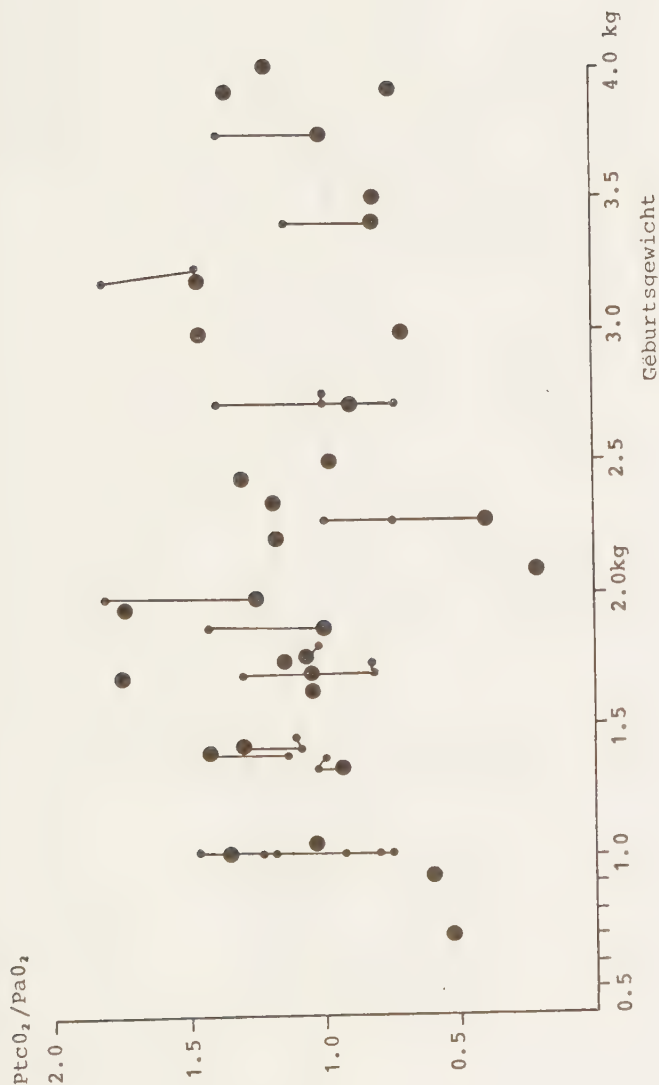


Abb. 6: Verhältnis des transcutanen PO_2 ($PtcO_2$) zum arteriellen PO_2 (PaO_2) bei anpassungs-
gestörten Neugeborenen in Abhängigkeit von Geburtsgewicht. Verbunden sind jeweils
Untersuchungspunkte beim gleichen Kind; der dicke Punkt entspricht der Erstunter-
suchung. In der Gewichtsklasse unter 2000 g besteht eine lockere Beziehung zwi-
schen dem $PtcO_2/PaO_2$ -Verhältnis und dem Geburtsgewicht.

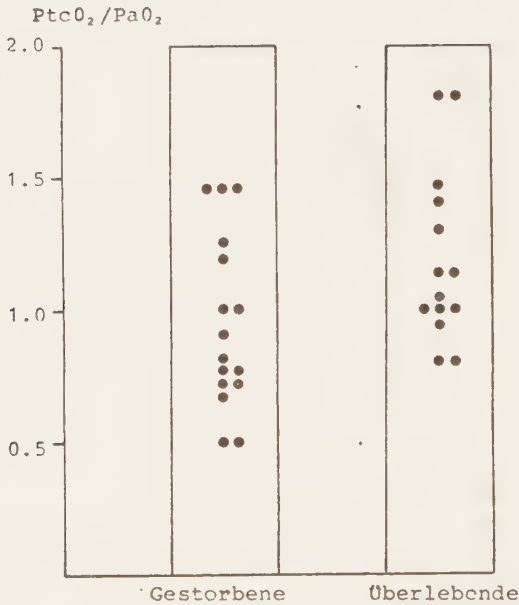


Abb. 7: Verhältnis des transcutanen PO_2 ($P_{tc}O_2$) zum arteriellen PO_2 ($P_{a}O_2$) bei Neugeborenen mit kardio-respiratorischen Störungen. Gegenübergestellt sind Werte von gestorbenen und überlebenden Kindern. Es besteht eine Tendenz zu relativ niedrigen $P_{tc}O_2$ -Werten bei den gestorbenen Kindern.

Schreien, z.B. während arterieller Punktierung, führt zu Abweichungen des $tcpO_2$ und des paO_2 (12, 27). Es kommt zu einer Abnahme des vo_2 , die umso größer ist, je größer die alveolär-arterielle vo_2 -Differenz des Kindes ist (27, 28). Wegen der schnellen Reaktionsgeschwindigkeit dieser Elektrode war der Fehler minimal, der sich durch die Blutentnahme während des abfallenden paO_2 ergab. Der Moment der Probeentnahme konnte genau bezogen werden auf einen gleichzeitigen $tcpO_2$ (s. Abb. 8).

Die $tcpO_2$ -Änderungen beim Schreien sind nicht verursacht durch Änderungen der Haut-Perfusion, sondern gleiche Änderungen des paO_2 werden im Blut der Aorta abdominalis gefunden (Abb. 8). Das bedeutet, daß der pO_2 -Abfall beim Schreien auch nicht bedingt ist durch ein Auftreten von Rechts-Links-Shunt auf der Ebene des Ductus arteriosus. Die $tcpO_2$ Elektrode auf dem Thorax mißt nämlich über einem Gebiet, das präduktal über die Art. thoracica int. versorgt wird. Diese Beobachtung stimmt mit angiographischen Studien (20) überein, die beim Schreien Rechts-Links-Shunts auf Vorhofebene aufzeigten.

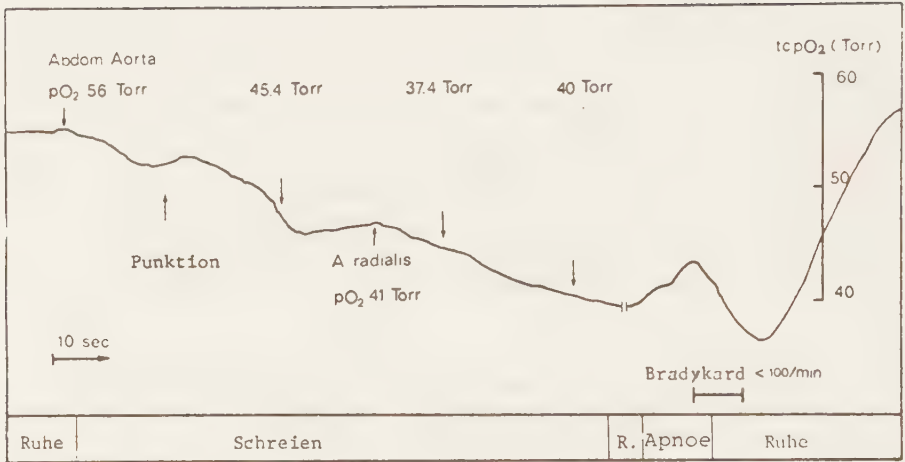


Abb. 8: Änderung des transcutanen PO_2 und des PO_2 der Aorta abdominalis beim Schreien, während einer Punktion der rechten Arteria radialis. Diagnose: Frühgeburt, IRDS, inspiratorische O_2 -Konzentration 60 %.

5. Diskussion:

Ideale Korrelationen des tcpO_2 vs. paO_2 wurden bei Erwachsenen und gesunden Neugeborenen gefunden (9, 15).

Hoch signifikante Korrelationen des tcpO_2 vs. paO_2 wurden auch bei den untersuchten Neugeborenen mit schwerer cardiorespiratorischer Störung gefunden. Die Regressionsgeraden, die getrennt errechnet wurden aus hypo- und normoxämischen Werten ($\text{paO}_2 < 80$ Torr), sowie aus hyperoxämischen Werten ($\text{paO}_2 > 80$ Torr), unterscheiden sich nicht von denen, die aus allen Werten errechnet wurden. Die Korrelationen sind in beiden paO_2 -Bereichen hoch signifikant. Die Streuung der Werte um die Regressionsrate bei diesen Kindern mit schweren cardiorespiratorischen Störungen ist beträchtlich größer als die bei gesunden Neugeborenen.

FENNER et al. berichteten kürzlich über ähnliche Abweichungen des tcpO_2 vom paO_2 , gemessen mit der HUCH Elektrode, von mindestens plus oder minus 50 % in sieben von 22 Messungen an kranken Kindern (9).

Die gefundenen Abweichungen des tcpO_2 vom paO_2 können a.) methodische und b.) pathophysiologische Gründe haben. Einige der möglichen Ursachen seien im folgenden diskutiert:

a.) Methodische Fehlermöglichkeiten: Die Messung des paO_2 , insbesondere im hyperoxämischen Bereich, ist bekanntlich störan-

fällig. Die wichtigste Fehlermöglichkeit besteht darin, daß die Blutprobe nach der Entnahme selbst O_2 verbraucht, was den Meßwert verfälscht. D.h., es würden falsch zu tiefe paO_2 -Werte gefunden, bzw. der gleichzeitige $tcpO_2$ wäre vermeintlich zu hoch. Diese Fehlermöglichkeit wurde in der vorliegenden Untersuchung berücksichtigt, das heißt, der Meßwert auf den O_2 -Verbrauch der Probe korrigiert. Die vorgenommenen Korrekturen waren klein, verglichen mit den beobachteten Abweichungen des $tcpO_2$ vom paO_2 .

b.) Fehlermöglichkeiten aufgrund der pathologischen Verhältnisse bei den untersuchten Kindern: Kleine Änderungen von Sympathikus-Entladungen (0 bis 4 Impulse/sec.), hervorgerufen z.B. durch Hypervolämie, Acidose oder Hypoämie, lösen maximale Änderungen der Hautzirkulation aus, welche durch lokale Erwärmung nicht überwunden werden können. (3).

Während experimenteller hypo- und normovolämischer Schocks an Hunden fiel der $tcpO_2$ (HUCH Elektrode) sogar unter den zentral venösen paO_2 (21). Aus diesem Grunde können $tcpO_2$ -Werte, die unter dem paO_2 liegen, ein Schock-Syndrom bedeuten, wie kürzlich von ROOTH angegeben (24).

Aus der Erwärmung der Haut resultiert eine erhöhte Temperatur im peripheren Kapillarbereich. Ein Temperaturanstieg verschiebt die Sauerstoffdissoziationskurve des Hämoglobins nach rechts, dabei steigt der pO_2 in einem geschlossenem System, wo die Hämoglobin-Sättigung konstant bleibt. Dieser Effekt ist noch vorhanden bei einem pO_2 , der dem des oberen flachen Abschnittes der Hämoglobin- O_2 -Dissoziationskurve entspricht, d.h., bei subtotaler O_2 -Sättigung des Hämoglobins. Bei kranken Kindern können Änderungen der Hautperfusion, die trotz lokaler Hyperämie bestehen bleiben, zu unterschiedlichen Hämoglobin-Temperaturen der subepidermalen Kapillaren führen. In einem pO_2 -Bereich bis herauf zu 150 Torr können sich deshalb, bedingt durch Verschiebungen der O_2 -Gleichgewichtskurve, $tcpO_2$ -Änderungen ergeben, die zum Teil die gemessenen Abweichungen des $tcpO_2$ vom paO_2 sind.

Shunts über den Ductus arteriosus, wie bei dem idiopathischen Atemnotsyndrom (22), können ebenso bei anderen Herz-Atem-Störungen von Neugeborenen bestehen. In diesem Fall sollte der paO_2 , gemessen im Aorta-Blut, niedriger als der $tcpO_2$ sein, da die Haut des oberen Brustabschnittes präductales Blut (wie der Kopf) erhält.

Der individuelle Verlauf in Abb. 2 zeigt, daß Unreife, Hypothermie und IRDS (Tag 1 - 2), wie auch Endotoxinschock bei Sepsis (Tag 41 - 43) an diesem Kind mit einem Verlust der Genauigkeit der $tcpO_2$ -Messung verbunden sind.

Soweit ist die tcpO_2 -Messung diskutiert worden als eine Methode zur punktuellen Bestimmung des pO_2 . Dabei wird der Hauptvorteil dieses neuen Prinzips vernachlässigt: die Möglichkeit zur kontinuierlichen Registrierung des pO_2 . Durch das direkte Sichtbarmachen der pO_2 -Änderungen lassen sich jegliche Änderungen von Beatmungsparametern bei Neugeborenen zuverlässig überprüfen, ohne daß wiederholte arterielle Blutproben entnommen werden müssen. Andererseits kann das Versagen maschineller Beatmung mit hoher O_2 -Konzentration direkt abgelesen werden, wie bei den Neugeborenen mit Transposition der großen Gefäße in unserer Serie.

Ein anderer, vielleicht noch wichtigerer, Anwendungsbereich in der Intensivpflege von Neugeborenen stellen die Kinder dar, bei denen die Notwendigkeit einer Sauerstoff-Therapie weiter besteht, nachdem arterielle Katheter entfernt wurden. Diese Gruppe erfordert weiterhin regelmäßige Kontrolle des paO_2 durch Arterienpunktion.

Die Fehlermöglichkeit der paO_2 -Messung beim schreienden Kind ist zuvor diskutiert worden (s. Abb. 8).

Wenn gleichzeitig während der Arterienpunktion jedoch der pO_2 transcutan überwacht wurde, so läßt sich aus dem Verlauf der Kurve und in Verbindung mit einem punktuellen blutigen paO_2 -Wert der arterielle pO_2 in Ruhe zuverlässig bestimmen.

Die Möglichkeit der kontinuierlichen, transcutanen O_2 -Messung vermindert also definitiv das Risiko, daß dem Kind aufgrund irreführender punktueller paO_2 -Werte fälschlich zu hohe inspiratorische O_2 -Konzentrationen angeboten werden.

6. Zusammenfassung:

Die Zuverlässigkeit transcutaner pO_2 -Überwachung mit der HUCH-Elektrode als Indikator arteriellen pO_2 (paO_2) wurde an 36 frühgeborenen und termingerecht geborenen Kindern (137 Beobachtungen), die an schwerer cardiorespiratorischer Störung litten, getestet, unter besonderer Berücksichtigung der Hyperoxämie. Die Schwangerschaftsdauer betrug zwischen 26 und 41 Wochen, das Geburtsgewicht 750 bis 4000 g. Eine signifikante Korrelation des $tcpO_2$ vs. paO_2 mit großen Streuungen wurde gefunden sowohl bei Hypo- und Normoxämie ($paO_2 < 80$ Torr; $r = 0.54$; $p < 0.001$), als auch bei Hyperoxämie ($paO_2 > 80$ Torr; $r = 0.82$; $p < 0.001$).

Faktoren wie niedriger pH, niedriger Hämatokrit, niedriges Geburtsgewicht, tödlicher Ausgang, herrschen in der Gruppe von Kindern vor, die Abweichungen des $tcpO_2$ vom paO_2 von > 50 % aufwies. Keiner dieser Faktoren alleine erlaubt es jedoch, die Genauigkeit der $tcpO_2$ -Messung vorherzusagen.

7. Literatur:

1. Baumberger, J.P., Goodfriend, R.B.: Determination of arterial oxygen tension in man by equilibration through intact skin. Fed.Proc. 10:10 (1951).
2. BRADLEY, A.F., STUPFEL, M. & SEVERINGHAUS, J.W.: Effect of temperature on pO_2 and pCO_2 of blood in vitro. J. Appl. Physiol., 9:210 (1956).
3. CELANDER, O.: The range of control exercised by the sympathico-adrenal system. A quantitative study on blood vessels and other smooth muscle effectors in the cat. Acta physiol. scand., Suppl. 116 (1954).
4. Clark, L.C., Jr.: Monitoring and control of blood and tissue oxygen tensions. Transactions. Amer.Soc.Artif.Int.Organs 2:41 (1956).
5. DUC, G.V. & CUMARASAMY, N.: Digital arteriolar oxygen tension as a guide to oxygen therapy of the newborn. Biol. neonat., 24:134 (1974).
6. EBERHARD, P., HAMMACHER, K. & MINDT, W.: Methode zur kutanen Messung des Sauerstoffpartialdrucks. Biomed. Technik, 18:216 (1973).
7. EMMRICH, P., STECHLE, U., HUCH, R. & HUCH, A.: Einflüsse verschiedener Parameter auf den transkutan registrierten Sauerstoffpartialdruck bei dauerbeatmeten Früh-, Neugeborenen und jüngeren Säuglingen. Vortrag 7. Deutscher Kongreß für Perinatale Medizin, Berlin (1974).

8. Evans, N., Naylor, P.: the systemic oxygen supply to the surface of human skin. *Respir. Physiol.* 3:21 (1967).
9. FENNER, A., MÜLLER, R., BUSSE, H.G., JUNGE, M. & WOLFSODORF, J.: Transcutaneous determination of arterial oxygen tension. *Pediatrics*, 55:224 (1975).
10. FRIIS-HANSEN, B. & MARSTRAND, P.: Percutaneous measurement of paO_2 . In: B. Friis-Hansen, P. Kildeberg & L. Stern (eds.). *Intensive Care of the Newborn*. Wiley, New York-London-Sidney-Toronto; im Druck.
11. GLEICHMANN, U. & LÜBBERS, D.W.: Die Messung des Sauerstoffdrucks in Gasen und Flüssigkeiten mit der Platinelektrode unter besonderer Berücksichtigung der Messung im Blut. *Pflügers Arch.*, 271:431 (1960).
12. HUCH, A., GREENWOOD, M.C. & HUCH, R.: Vergleichende Untersuchungen bei kontinuierlicher Aufzeichnung des arteriellen pO_2 , Herz- und Atemfrequenz bei neugeborenen Kindern. In: J.W. Dudenhausen & E. Saling (eds.), *Perinatale Medizin*, Vol. V, Georg Thieme, Stuttgart 1974, p. 302.
13. HUCH, A., HUCH, R. & Lübbers, D.W.: Quantitative polarographische Sauerstoffdruckmessung auf der Kopfhaut des Neugeborenen. *Arch. Gynaekol.*, 207:443 (1969).
14. HUCH, A., HUCH, R., ARNER, B. & ROTH, G.: Continuous transcutaneous oxygen tension measured with a heated electrode. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, 31:269 (1973).
15. HUCH, R., LÜBBERS, D.W., HUCH, A.: Quantitative continuous measurement of partial oxygen pressure on the skin of adults and newborn babies. *Pflügers Arch.* 337:185 (1972).

16. HUCH, R., LÜBBERS, D.W. & HUCH, A.: Reliability of transcutaneous monitoring of arterial pO_2 in newborn infants. Arch. Dis. Childh., 49:213 (1974).
17. INDYK, L.: pO_2 in the seventies. Pediatrics, 55:153 (1975).
18. INDYK, L. & JAMES, L.S.: Transcutaneous measurements of arterial pO_2 in sick newborns (abstr.). Pediat. Res., 9:366 (1975).
19. KOCH, G. & WENDEL, H.: Comparison of pH, carbon dioxide tension, standard bicarbonate and oxygen tension in capillary blood and in arterial blood during the neonatal period. Acta Paediat. Scand., 56:10 (1967).
20. LIND, J., STERN, L. & WEGELIUS, C.: Human foetal and neonatal circulation. Thomas, Springfield, Ill. (1964).
21. PARZINGER, G., HUMMEL, G., STEGEMANN, F. & HOLLMANN, G.: Der transkutan gemessene pO_2 im standardisierten hypovolämischen Schock. Mschr. Kinderchir., im Druck.
22. ROBERTON, N.R.C. & DAHLENBURG, G.W.: Ductus arteriosus shunts in the respiratory distress syndrome. Pediat. Res., 3:149 (1969).
23. ROTH, G.: Transcutaneous oxygen tension measurements in newborn infants. Pediatrics, 55:232 (1975).
24. ROTH, G.: Ergebnisse der Langzeitüberwachung schwerstkranker Kinder mit dem Sauerstoff-Cardio-Respirogramm. Klin. Pädiat., Suppl., im Druck.

25. ROTH, G., SJÖSTEDT, S., CALIGARA, F.: Bloodless determination of arterial oxygen tension by polarography. Science Tools 4:37 (1957).
26. SWANSTRÖM, S., VILLA ELISAGA, I., CARDONA, L., CARDENES, A., MENDEZ-BAUER, C., ROTH, G.: Transcutaneous pO_2 measurements in seriously ill newborn infants. Arch. Dis. Childh. 50:913 (1975).
27. VERSMOLD, H., HANNES, V., HÖPNER, F. & RIEGEL, K.P.: Kritische Anmerkung zur transkutanen pO_2 Messung bei Risikoneugeborenen. Mschr. Kinderheilk., 123:459 (1975).
28. VERSMOLD, H.T., ONKEN, D., HÖPNER, F. & RIEGEL, K.P.: Transcutaneous monitoring of pO_2 in the sick newborn. In: B. Friis-Hansen, P. Kildeberg & L. Stern (eds.), Intensive Care of the Newborn. Wiley, New York-London-Sidney-Toronto, im Druck.



Danksagung:

Hiermit möchte ich allen, die mir bei der Erstellung dieser Arbeit geholfen haben, meinen Dank aussprechen. Mein besonderer Dank gilt Herrn Priv.Do. Dr. H. Versmold sowie Herrn Dr. D. Onken, für die Durchführung der Untersuchungen auf der Neugeborenen-Intensiv-Station.

Lebenslauf:

Geburt am 26.5.1938 in Regensburg als Tochter des Stadtoberbau-
amtmann Josef Zehrer. 1944 Eintritt in die Volksschule, Regensburg,
1949 Eintritt in die Oberschule der Engl. Fräulein, 1952 Übertritt
in die Mädchen-Mittelschule Niedermünster, mit Abschluß der mittl.
Reife 1955. 1959 Absolvierung der Fremdsprachenschule Pindl, Regens-
burg, mit Abschlußprüfung für Wirtschaftskorrespondenten und Dol-
metscher (Englisch und Französisch). 1960 - 1961 Auslandsaufenthalt
in den USA, anschließend beruflich tätig als Auslandskorrespondentin
in München. 1962 Heirat mit Herrn M.H. Nodjoumi. 1970 Erlangung des
Reifezeugnisses durch Begabtenprüfung beim Bayer. Staatsministerium
für Unterricht und Kultus, München. 1971 Zulassung zum Zahnmedizin-
studium an der Ludwig-Maximilians-Universität München. Physikum im
Oktober 1973. Zahnärztliche Prüfung vor dem Prüfungsausschuß in
München bestanden am 18.2.1977. Bestallung als Zahnärztin erhalten
am 2.3.1977.

München, im Juli 1977

Edith Nodjoumi

